

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2023. № 4 (73). С. 115–121.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philipov. 2023;4(73):115–121.

Научная статья

УДК 634.739.1

doi: 10.34655/bgsha.2023.73.4.014

**КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ГОЛУБИКИ ТОПЯНОЙ
(*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*
С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ РОСТОСТИМУЛИРУЮЩИХ ПРЕПАРАТОВ**

С.С. Макаров^{1,2}, Е.И. Куликова³, И.Б. Кузнецова⁴, А.И. Чудецкий¹, Л.Р. Ахметова¹

¹Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

²Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

³Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, с. Молочное, Вологда, Вологодская обл., Россия

⁴Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромской р-н, Костромская обл., Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Сергеевич Макаров,

makarov_serg44@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по клональному микроразмножению растений голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) форм, отобранных в местах естественного произрастания в Архангельской и Вологодской областях, на этапе укоренения *in vitro* с использованием росторегулирующих веществ (ИУК, Экогель). *V. uliginosum* – хозяйственно ценный в пищевом и лекарственном отношении лесной ягодный вид, промышленные заготовки ягод которого в настоящее время не ведутся. *V. uliginosum* способен успешно произрастать на кислых болотных почвах. Плантационное выращивание лесных ягодных растений на выработанных торфяных месторождениях способствует рациональному использованию таких земель и восполнению природных запасов дикорастущих ягодников. Для получения большого количества высочакачественного и генетически однородного посадочного материала ягодных растений с целью промышленного культивирования следует использовать метод клонального микроразмножения. Необходимо совершенствование технологии клонального микроразмножения *V. uliginosum* для форм, произрастающих на севере европейской части России. При клональном микроразмножении количество (в среднем, 5,3–5,7 шт.), средняя длина (2,0–2,2 см) и суммарная длина (12,1–12,9 см) корней растений *V. uliginosum* форм Архангельская и Вологодская существенно не изменялись в зависимости от повышения в питательной среде WPM концентрации ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л. Добавление в питательную среду препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л способствовало значительному увеличению количества (в среднем, в 1,6–1,7 раза) и суммарной длины корней (в 2,6–3,1 раза) растений *V. uliginosum* форм северно-российского происхождения в культуре *in vitro*.

Ключевые слова: голубика топяная, клональное микроразмножение, *in vitro*, ризогенез, питательная среда, стимуляторы роста.

Благодарности. Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»

**FOOT FORMATION OF BOG BLUEBERRY
(*VACCINIUM ULIGINOSUM* L.) IN *IN VITRO* CULTURE USING
MODERN GROWTH PROMOTING DRUGS**

**Sergey S. Makarov^{1,2}, Elena I. Kulikova³, Irina B. Kuznetsova⁴, Anton I. Chudetsky¹,
Lilia R. Akhmetova¹**

¹Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

³Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin, Molochnoe, Vologda, Russia

⁴Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo, Kostroma district, Kostroma region, Russia

Corresponding author: Sergey S. Makarov, makarov_serg44@mail.ru

Abstract. The article deals with the results of the studies on clonal micropropagation of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.) plants, its forms selected in places of natural growth in the Arkhangelsk and Vologda regions, at the rooting *in vitro* stage using growth-regulating drugs (IAA, Ecogel). *V. uliginosum* is a forest berry species economically valuable in nutritional and medicinal terms, but its industrial harvesting is not currently carried out. *V. uliginosum* is able to grow successfully on acidic bog soils. Plantation cultivation of forest berry species on depleted peat deposits contributes to the rational use of such lands and replenishment of natural reserves of wild berries. To obtain a large amount of high quality and genetically homogeneous planting material of berry plants for the purpose of industrial cultivation it is better to use the clonal micropropagation method. It is necessary to improve the technology of clonal micropropagation of forms of *V. uliginosum* growing in the North of the European part of Russia. The number (average 5.3–5.7 pcs.), the average length (2.0–2.2 cm) and the total length (12.1–12.9 cm) of roots of Arkhangelskaya and Vologodskaya forms of *V. uliginosum* during clonal micropropagation had not been changing significantly depending on the increase of IAA auxin concentration from 0.5 to 1.0 mg/l in WPM nutrient medium. The addition of the Ecogel preparation at a concentration of 0.5 mg/l to the nutrient medium contributed to a significant increase in the number (by an average of 1.6–1.7 times) and the total length of the roots (by 2.6–3.1 times) of *V. uliginosum* plants of Northern Russian origin forms *in vitro* culture.

Keywords: bog blueberry, clonal micropropagation, *in vitro*, rhizogenesis, nutrient medium, growth promoting drugs.

Acknowledgements. The research was carried out with the funds from the University development program within the strategic academic leadership program “Priority 2030».

Введение. Голубика топяная (*Vaccinium uliginosum* L.) – один из наиболее распространенных лесных ягодных видов рода *Vaccinium*, встречающийся в европейской части России, плоды которого имеют высокую пищевую и лекарственную ценность, характеризуется значительным разнообразием полезных микро- и макроэлементов, витаминов (особенно витамина С и Р-активных соединений) и пектинов [1-4]. Однако из-за разбросанности и труднодоступности природных зарослей промышленная заготовка ягод

V. uliginosum в настоящее время практически не ведется [5].

V. uliginosum является болотным видом и способен успешно произрастать на кислых почвах, в частности на торфяниках. При этом на сегодняшний день, помимо рационального использования лесных ягодных ресурсов (включая их повсеместное возобновление и эксплуатацию), стоит вопрос рекультивации вышедших из-под торфодобычи земель и дальнейшем их использовании. Создание ягодных плантаций на выработанных торфяных

месторождениях может способствовать рациональному использованию таких территорий и восполнению потерь дикорастущих ягодных ресурсов. Несмотря на то, что большинство торфяников характеризуется бедным питательным составом, резко выраженной кислой реакцией и, как следствие, имеет крайне низкую естественную продуктивность, при соответствующем подборе культур может быть обеспечена достаточно высокая биологическая продуктивность этих площадей [6-8].

Однако традиционные способы размножения ягодных растений не могут обеспечить необходимое количество посадочного материала для промышленного выращивания. При плантационном культивировании лесных ягодных видов следует использовать метод клонального микроразмножения, который позволяет ускоренно и внесезонно получать большое количество оздоровленного посадочного материала в условиях лаборатории [9]. Имеющийся опыт выращивания *V. uliginosum* в культуре *in vitro* различными исследователями [10; 11] показал, что регенеративный потенциал образования побегов и корней данного вида зависит от состава питательной среды и регуляторов роста. При этом одним из наиболее ответственных этапов клонального микроразмножения растений является укоренение полученных *in vitro* микропобегов. Необходимо совершенствование технологии микроразмножения данного вида для форм, произрастающих на севере европейской части России, в том числе с подбором оптимальных концентраций регуляторов роста и использованием современных ростостимулирующих препаратов (например, Циркон, Экогель, Эпин-Экстра, Корнерост и др.).

Цель исследований – изучение особенностей клонального микроразмножения голубики топяной форм северно-российского происхождения на этапе укоренения микропобегов *in vitro* с использованием препарата Экогель.

Объекты и методы. Исследования проводили на базе Вологодской ГМХА

им. Н.В. Верещагина, САФУ им. М.В. Ломоносова и Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ в 2021–2023 гг. с использованием общепринятых методик клонального микроразмножения ягодных растений [9; 12]. В качестве объектов исследований использовали растения голубики топяной (*V. uliginosum* L.) форм Архангельская и Вологодская, отобранных в соответствующих регионах в местах естественного произрастания. Растения-регенеранты культивировали на питательной среде Woody Plant Medium (WPM) в условиях световой комнаты при 16-часовом фотопериоде, поддержании температуры воздуха +23...+25°C и влажности воздуха 75–80%. На этапе пролиферации побегов в качестве регулятора роста использовали 2-изопентиладенин (2-iP) в концентрации 1,0 мг/л и добавку препарата Циркон в концентрации 0,5 мг/л.

На этапе укоренения микропобегов *in vitro* использовали индолилуксусную кислоту (ИУК) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л, а также в качестве ростостимулирующего вещества добавку препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л. В качестве контрольного использовали вариант без добавления ростостимулирующего препарата. Учитывали количество, среднюю и суммарную длину корней в расчете на одно растение-регенерант. Повторность опыта – 10-кратная, по 30 растений в каждой. Оценку достоверности опытов проводили с помощью наименьшей существенной разности на 5% уровне значимости (HCp_{05}) и двухфакторного дисперсионного анализа (фактор А – концентрация ауксина ИУК, фактор В – содержание в питательной среде добавки препарата Экогель).

Результаты и обсуждение. Исследования, проведенные на этапе укоренения микропобегов *in vitro*, показали, что повышение в питательной среде WPM концентрации ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л не оказало существенного влияния на количество корней растений исследуемых форм *V. uliginosum*, оно составляло, в среднем, 5,3–5,7 шт. Наличие в пи-

питательной среде добавки препарата Экогель в концентрации 0,5 мл/л способствовало значительному увеличению количества корней *V. uliginosum* в культуре

in vitro до 6,8–6,9 шт., тогда как без использования препарата данный показатель был в 1,6–1,7 раза меньше (табл. 1).

Таблица 1 – Количество корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* на питательной среде WPM в зависимости от концентрации ауксина ИУК и добавки препарата Экогель, шт.

Концентрация ИУК, мг/л	Концентрация препарата Экогель, мл/л		Среднее
	-	0,5	
Форма Архангельская			
0,5	4,2	6,3	5,3
1,0	4,0	7,2	5,6
Среднее	4,1	6,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,11, фактор В = 0,99 общ. = 1,76			
Форма Вологодская			
0,5	4,4	6,6	5,5
1,0	4,2	7,1	5,7
Среднее	4,3	6,9	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,36, фактор В = 1,17, общ. = 1,92			

Средняя длина корней растений *V. uliginosum* в культуре *in vitro* не имела существенных различий в зависимости от исследуемых концентраций ИУК и составляла, в среднем, 2,0–2,2 см. При содержании в питательной среде препарата

Экогель в концентрации 0,5 мл/л средняя длина корней *V. uliginosum* составляла у обеих форм 2,7–2,8 см, что в 1,6–2,0 раза больше, чем без добавления препарата (табл. 2).

Таблица 2 – Средняя длина корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* на питательной среде WPM в зависимости от концентрации ауксина ИУК и добавки препарата Экогель, см

Концентрация ИУК, мг/л	Концентрация препарата Экогель, мл/л		Среднее
	-	0,5	
Форма Архангельская			
0,5	1,6	2,8	2,2
1,0	1,8	2,6	2,2
Среднее	1,7	2,7	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,92, фактор В = 0,81 общ. = 1,83			
Форма Вологодская			
0,5	1,3	3,0	2,2
1,0	1,5	2,5	2,0
Среднее	1,4	2,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 0,99, фактор В = 0,79, общ. = 1,88			

Суммарная длина корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* также не имела различий в зависимости от исследуемых концентраций ауксина ИУК и варьировала от 12,1 до 12,9 см. Добавление

в питательную среду препарата Экогель 0,5 мл/л способствовало увеличению суммарной длины корней у формы Архангельская в 2,6 раза, у Вологодской – в 3,1 раза (табл. 3).

Таблица 3 – Суммарная длина корней *V. uliginosum* в культуре *in vitro* на питательной среде WPM в зависимости от концентрации ауксина ИУК и добавки препарата Экогель, см

Концентрация ИУК, мг/л	Концентрация препарата Экогель, мл/л		Среднее
	-	0,5	
Форма Архангельская			
0,5	6,7	17,6	12,2
1,0	7,2	18,7	12,9
Среднее	7,0	18,2	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,48, фактор В = 1,96, общ. = 2,06			
Форма Вологодская			
0,5	5,7	19,8	12,8
1,0	6,3	17,8	12,1
Среднее	6,0	18,8	-
НСР ₀₅ фактор А = 1,42, фактор В = 1,80, общ. = 2,04			

Заключение. Таким образом, при клональном микроразмножении растений *V. uliginosum* форм северно-русского происхождения на этапе укоренения микропобегов *in vitro* на питательной среде WPM увеличение концентрации ауксина ИУК от 0,5 до 1,0 мг/л не вызвало статистически значимых изменений количества и длины корней. Содержание в питательной среде WPM препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л способствовало значительному увеличению количества и длины корней *V. uliginosum* форм Архангельская и Вологодская, что позволяет использовать данную добавку как элемент совершенствования технологии выращивания голубики топяной в культуре *in vitro*.

Список источников

1. Евтухова Л.А. Биохимический состав ягод голубики топяной в культуре и естественно произрастающем голубичнике // Эколого-биологическое изучение ягодных растений семейства Брусничные и опыт освоения их промышленной культуры: тез. докл. Ганцевичи, 1991. С. 55–56.
2. Барнаулов О.Д., Пospelова М.Л. Лекарственные свойства фруктов и ягод. СПб.: Информ-Навигатор, 2013. 256 с.
3. Мухаметова С.В., Скочилова Е.А., Протасов Д.В. Параметры плодоношения и содержание флавоноидов и аскорбиновой кислоты в плодах голубики (*Vaccinium*) // Химия растительного сырья. 2017. № 3. С. 113–121. EDN: ZFLNYB.
doi: 10.14258/jcprm.2017031785.
4. Review: Chemical Compositions and

Functions of *Vaccinium uliginosum* / S. Su, L. Wang, J. Wu [et al.] // Chinese Bulletin of Botany. 2016. V. 51, № 5. Pp. 691–704. doi: 10.11983/CBB15172

5. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / С.С. Макаров, Е.С. Багаев, С.Ю. Цареградская, И.Б. Кузнецова // Лесной журнал. 2019. № 6. С. 118–131. EDN: DSJOXN.
doi: 10.37482/0536-1036-2019-6-118.

6. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. 2016. Т. 11. № 2. С. 43–46. EDN: WHQVNF. doi: 10.12737/20633.

7. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers. и *Vaccinium angustifolium* Ait.: моногр. / С.С. Макаров, В.С. Виноградова, Г.В. Тяк, Н.А. Бабич. Караваево: Костромская ГСХА, 2021. 394 с.

8. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений: монография / С.С. Макаров, М.Т. Упадышев, Р.С. Хамитов [и др.]. М.: Колос-С, 2023. 152 с.

9. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учеб. / В.С. Шевелуха, Е.А. Калашникова, Е.З. Кочиева [и др.]; под общ. ред. В.С. Шевелухи. М.: Высшая школа, 2015. 715 с.

10. Cüce M., Sökmen A. In Vitro Production Protocol of *Vaccinium uliginosum* L. (Bog Bilberry) Growing in the Turkish Flora // Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 2017. V. 41.

Рр. 294–304. doi: 10.3906/tar-1704-19

11. Production of Sapling Material of Blueberry in In Vitro Culture / N. Lomtadze, N. Alasania, L. Gorgiladze, R. Meladze // *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*. 2018. V. 12, № 2. P. 138–144.

12. Выращивание лесных ягодных растений в условиях in vitro: лабор. практикум / Сост. С.С. Макаров, Е.А. Калашникова, И.Б. Кузнецова, Р.Н. Киракосян. Карavaeво: Костромская ГСХА, 2019. 48 с.

References

1. Evtukhova L.A. Biohimicheskij sostav yagod golubiki topyanoy v kul'ture i estestvenno proizrastayushchem golubichnike [Biochemical Composition of Bog Blueberry in Culture and Naturally Growing Blueberries]. *Ekologo-biologicheskoe izuchenie yagodnyh rastenij semejstva Brusnichnye i opyt osvoeniya ih promyshlennoj kul'tury* [Ecological and Biological Study of Berry Plants of the Lingonberry Family and the Experience of Developing Industrial Culture of Them]. 1991;55–56 (In Russ.)

2. Barnaulov O.D., Pospelova M.L. Lekarstvennye svoystva fruktov i yagod [Medicinal Properties of Fruits and Berries]. St. Petersburg. Inform-Navigator, 2013. 256 p. (In Russ.)

3. Mukhametova S.V., Skochilova E.A., Protasov D.V. Parametry plodonosheniya i sodержanie flavonoidov i askorbinovoj kisloty v plodah golubiki (Vaccinium) [Fruiting Parameters and the Content of Flavonoids and Ascorbic Acid in Blueberries (Vaccinium)]. *Himiya rastitel'nogo syr'ya*. 2017;3:113–121 (In Russ.) doi: 10.14258/jcprm.2017031785

4. Su S., Wang J., Wu J. [et al.]. Review: Chemical Compositions and Functions of Vaccinium uliginosum. *Chinese Bulletin of Botany*. 2016;51(5):691–704. doi: 10.11983/CBB15172

5. Makarov S.S., Bagaev E.S., Tsaregradskaya S.Yu., Kuznetsova I.B. Problems of Use and Reproduction of Phytogenic Food and Medicinal Resources of the Forest on the Lands of the Forest Fund of the Kostroma Region. *Russian Forest Journal*. 2019;6:118–131 (In Russ.). doi: 10.37482/0536-1036-2019-6-118.

6. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biological Reclamation of Depleted Peatlands by Creating Plantations of Forest Berry Plants. *Vestnik Kazanskogo gos. agrarnogo un-ta*. 2016;11(2):43–46 (In Russ.). doi: 10.12737/20633.

7. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Tyak G.V., Babich N.A. Teoriya i praktika razmnozheniya i plantacionnogo vyrashchivaniya lesnyh yagodnyh rastenij Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Pers. i Vaccinium angustifolium Ait. [Theory and Practice of Reproduction and Plantation Cultivation of Forest Berry Plants Rubus arcticus L., Oxycoccus palustris Pers. and Vaccinium angustifolium Ait.]. Karavaeво: Kostroma State Agricultural Academy Publ., 2021. 394 p. (In Russ.)

8. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Khamitov R.S. [et al.]. Perspektivy promyshlennogo vyrashchivaniya i biotekhnologicheskie metody razmnozheniya lesnyh yagodnyh rastenij [Prospects for Industrial Cultivation and Biotechnological Methods of Reproduction of Forest Berry Plants]. Moscow: Kolos-S, 2023. 152 p. (In Russ.)

9. Shevelukha V.S., Kalashnikova E.A., Kochieva E.Z. [et al.]; Shevelukha V.S. (ed.). Agricultural Biotechnology and Bioengineering. Moscow: URSS, 2015. 715 p. (In Russ.)

10. Cüce M., Sökmen A. In Vitro Production Protocol of Vaccinium uliginosum L. (Bog Bilberry) Growing in the Turkish Flora. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2017;41:294–304. doi: 10.3906/tar-1704-19

11. Lomtadze N., Alasania N., Gorgiladze L., Meladze R. Production of Sapling Material of Blueberry in In Vitro Culture. *Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences*. 2018;12(2):138–144.

12. Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Kuznetsova I.B., Kirakosyan R.N. (comps.). Vyrashchivanie lesnyh yagodnyh rastenij v usloviyah in vitro: labor. Praktikum. *Growing Forest Berry Plants In Vitro: Laboratory Workshop*. Karavaeво. Kostroma State Agricultural Academy Publ., 2019. 48 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Сергей Сергеевич Макаров – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения; профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов;

Елена Ивановна Куликова – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии; доцент;

Ирина Борисовна Кузнецова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений; доцент;

Антон Игоревич Чудецкий – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения;

Лилия Рафисовна Ахметова – ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения.

Information about the authors

Sergey S. Makarov – Doctor of Science (Agriculture), Head of Decorative Gardening and Lawn Science Chair; Professor of Landscape Architecture and Artificial Forests Chair;

Irina B. Kuznetsova – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor of Agrochemistry, Biology and Plant Protection Chair; Associate Professor;

Elena I. Kulikova – Candidate of Science (Agriculture), Head of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry Chair; Associate Professor;

Anton I. Chudetsky – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Decorative Gardening and Lawn Science Chair;

Lilia R. Akhmetova – Assistant of Decorative Gardening and Lawn Science Chair.

Статья поступила в редакцию 05.05.2023; одобрена после рецензирования 29.05.2023; принята к публикации 06.06.2023.

The article was submitted 05.05.2023; approved after reviewing 29.05.2023; accepted for publication 06.06.2023.